

大水深海域の海底地盤から採取した試料の地盤工学的特徴

Geotechnical properties of soil samples obtained from seabed ground in deep sea

西尾 伸也 [1]; 荻迫 栄治 [2]

Shin'ya Nishio[1]; Eiji Ogisako[2]

[1] 清水建設・技研; [2] 清水建設・技研

[1] Institute of Technology, Shimizu Corp.; [2] Shimizu Corp.

メタンハイドレートは石油・天然ガスに代わる次世代資源として脚光を浴びている。日本周辺海域にも豊富なメタンハイドレートが賦存しており、それを安全にしかも経済的に産出する技術の開発が求められている。経済産業省が策定した「我が国におけるメタンハイドレート開発計画」に基づき、「メタンハイドレート資源開発研究コンソーシアム」が組織され、(財)エンジニアリング振興協会が環境影響評価に関する研究開発を行っており、筆者らは、この中で、メタンハイドレート資源開発に伴う海底地盤の変形の可能性について検討を進めている。海底地盤の変形を解析的に評価するためには、その力学特性に関する情報は不可欠である。しかし、メタンハイドレートが存在する大水深海域は今まで地盤工学的な対象とはならなかった未知の領域であり、試料採取や原位置測定の実施例は極めて少なく、その解明が待たれているのが現状である。メタンハイドレートの資源フィールドの一つとして期待される南海トラフにおいて基礎試験が行われた。ここでは、水深 720m の海底地盤から採取されたコア試料（採取深度：8.5m～225.0m）で行った物理試験、圧密試験、三軸圧縮試験の結果について述べる。採取コアには砂層が含まれていたが、ここで用いた試料は粘土層から採取したものである。

南海トラフの上部約 500m の海底地盤は、富士川砂を主体とした海底乱泥流堆積物（タービダイト）の砂泥互層が卓越することが知られている。用いた試料にも砂層が挟在している場合があったが、多くの試料の細粒分含有率は 85% 以上であった。含まれる粘土鉱物は、スメクタイト、緑泥石、雲母であり、深度方向に顕著な違いは認められなかった。乾燥密度は 1.34～1.77 の範囲にあり、深度方向に増加する傾向を示した。一方、土粒子密度は深度方向の変化は少なく、2.69～2.73 の範囲にあった。塑性指数も深度による変化が大きい、30 以下の低い値である。液性限界は概ね 50% 以下であり、工学的には低液性粘土として分類される地盤材料である。大阪湾の海成粘土では活性度の値として 0.7～1.7 の値が報告されているが、それに比べ活性度の低い粘土である。

圧密試験から圧縮指数は 0.19～0.31、膨潤指数は 0.025～0.044 の値が得られた。また、原位置上載圧での透水係数は $1 \times 10^{-7} \sim 10^{-8}$ (cm/s) の範囲である。海底面付近では過圧密状態にあるが、深度約 100m 以深ではほぼ正規圧密状態にあることが確認された。試料の乱れの指標となる de/e_0 については、採取深度：40m 以深の試料は 0.17 を超える値を示しており、サンプリング時の応力解放等による乱れが少なくないと推定された。

三軸圧縮試験結果に与える試料の乱れの影響を最小限に抑えるため、圧密試験から求めた採取深度の圧密降伏応力まで K_0 圧密後、採取深度の原位置上載圧まで K_0 除荷を行って原位置の応力履歴を再現した後、非排水状態でせん断試験を行った。0.2kPa/min の載荷速度で所定の値まで軸圧を変化させ、それに伴う供試体直径の変化をメンブレン上に取り付けた横ひずみ計（FS：± 2.5mm、測定精度：± 0.25%FS）で計測し、その値がゼロになるようにセル圧を制御した。実測された正規圧密中の K_0 値は 0.45～0.55、原位置上載圧まで除荷した際の K_0 値は 0.53～0.66 の範囲であったが、これは OCR から推定される K_0 値と良く対応している。

採取深度が浅い場合は、せん断中の間隙水圧の発生は少ないが、採取深度の増加と共に大きな間隙水圧が発生する。これは、海底面付近では過圧密状態にあるが、深度の増加とともに正規圧密状態に近づくことが原因と思われる。非排水せん断強度増加率は正規圧密状態で 0.70 であるが、採取深度が浅くなると OCR の値と共に線形的に増加し、海底面付近（OCR=3.2）では 3.4 となる。これは既往の海成粘土の試験結果と比較して大きな値であり、低活性度と対応していると考えられる。